

TSUNAMIS

LAS GRANDES OLAS

LAS GRANDES OLLAS

PRESENTADO POR:



IOC

ADMINISTRACIÓN NACIONAL DEL OCÉANO Y LA ATMÓSFERA (NOAA)

UNESCO, COMISIÓN OCEANOGRÁFICA INTERGUBERNAMENTAL (COI)

CENTRO INTERNACIONAL DE INFORMACIÓN DE TSUNAMI (ITIC)

LABORATORIO DE GEOFÍSICA DE FRANCIA (LDG)

SERVICIO HIDROGRÁFICO Y OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA DE CHILE (SHOA)

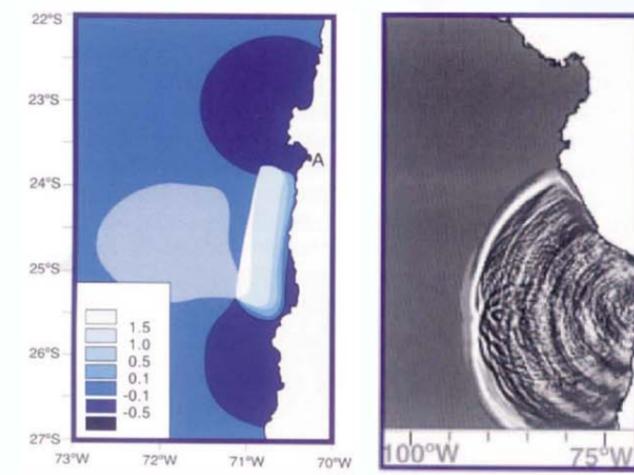


El objetivo de esta publicación es mejorar la conciencia y el conocimiento sobre los tsunamis. Por favor, comparta lo que Ud. aprenda; el conocimiento de la información apropiada puede salvar su vida y las vidas de aquellos que ama.

El fenómeno que llamamos "tsunami" es una serie de ondas oceánicas extremadamente largas generadas por perturbaciones asociadas principalmente con sismos que ocurren bajo o cerca del piso oceánico, en aguas someras. También pueden generarse por erupciones volcánicas y derrumbes submarinos. En el mar profundo, las ondas de tsunami se propagan a través de él con una velocidad que excede los 800 kilómetros km por hora (alrededor de 500 millas por hora), y con una altura de unas pocas decenas de centímetros (1 pie) o menos. Las ondas de tsunami se diferencian de las olas oceánicas comunes por su gran extensión existente entre las crestas de las ondas, la que a menudo es superior a 100 km (60 millas mi) o más en el océano profundo, y por el tiempo que transcurre entre dichas crestas, el que varía desde 10 minutos hasta una hora.

Cuando llegan a las aguas poco profundas de la costa, las ondas se frenan y el agua se puede apilar en una muralla de destrucción de decenas de metros (30 pies) o más de altura. El efecto puede ser amplificado en aquellos lugares donde una bahía, puerto o laguna focalice la onda en la medida que se desplaza tierra adentro. Se sabe que los grandes tsunamis se han elevado sobre los 30 metros (100 pies). Pero aún un tsunami de 3-6 metros (m) de altura puede ser muy destructivo y causar muchas víctimas.

Los tsunamis son un riesgo para la vida y



Izquierda: Modelo de computador de la generación del Tsunami Chileno del 30 de mayo de 1995 (deformación inicial de la superficie del agua) A es Antofagasta, Chile. Derecha: Modelo de computador del mismo tsunami, 3 horas después de que fue generado.

las propiedades de todos los residentes costeros que viven cerca del océano. Durante la década de los 90, más de 4000 personas perecieron a causa de 10 tsunamis, incluyendo más de 1000 víctimas perdidas durante el tsunami en 1992 de la región Flores, Indonesia y 2200 en 1998 durante el tsunami de Aitape, Papúa-Nueva Guinea. Los daños a la propiedad fueron cercanos a mil millones de dólares americanos. Aunque alrededor del 80 % de los tsunamis ocurren en el Pacífico, también pueden amenazar las líneas de costa de los países en otras regiones, incluyendo el Océano Índico, el Mar Mediterráneo, la región del Caribe y aún el Océano Atlántico.



Derecha: Hilo, Hawaii. Daños resultantes del tsunami generado por el terremoto del 1 de abril de 1946, en las islas Aleutianas.

En el Centro de Alarma de Tsunami del Pacífico Richard H. Hagemeyer (PTWC), el centro operativo del Sistema de Alarma de Tsunamis en el Pacífico (TWSP), los científicos revisan las estaciones sismológicas y de nivel del mar a través de toda la Cuenca del Pacífico, evalúan los sismos potencialmente tsunamigénicos, monitorean las ondas de tsunami y diseminan la información de alerta y alarma de tsunami. Ubicado cerca de Honolulu, Hawaii, el PTWC proporciona información de alertas de tsunami a las autoridades nacionales en la cuenca del Pacífico. Existen algunos países que también operan Centros Regionales o Nacionales de Alarma de Tsunami.

El Centro Internacional de Información de Tsunami, cuyo anfitrión es E.E.U.U. de América y localizado en Honolulu, Hawaii, en la oficina central del Servicio Meteorológico Nacional, Región del Pacífico, monitorea y evalúa diariamente el desempeño y efectividad del TWSP.



¿CUAL ES EL ORIGEN DE LOS TSUNAMIS?

Los tsunamis, llamados también maremotos, son causados generalmente por terremotos, menos comúnmente por derrumbes submarinos, infrecuentemente por erupciones volcánicas submarinas y muy rara vez por el impacto de un gran meteorito en el océano. Las erupciones volcánicas submarinas tienen el potencial de producir ondas de tsunami verdaderamente poderosas. La gran erupción volcánica de Krakatoa de 1883 generó ondas gigantes que alcanzaron alturas de 40 metros sobre el nivel del mar, matando más de 30.000 personas y destruyendo numerosas aldeas costeras.

Todas las regiones oceánicas del mundo pueden experimentar tsunamis, pero en el Océano Pacífico y en sus mares marginales hay mucha mayor ocurrencia de grandes tsunamis destructores, debido a los muchos grandes sismos a lo largo de los márgenes del Océano Pacífico.

TECTÓNICA DE PLACAS

La teoría de tectónica de placas está basada en un modelo de la Tierra caracterizado por un pequeño número de placas litosféricas, de 70 a 250 kilómetros (40 a 150 mi) de espesor, que flotan sobre una capa subyacente de naturaleza viscosa, llamada astenósfera. Estas placas, que cubren toda la superficie del planeta y contienen los continentes y el piso oceánico, se mueven en forma relativa una con respecto a la otra con velocidades de hasta diez cm/año (varias pulgadas/año). La región donde dos placas están en contacto es llamada la frontera o borde de placas, y la forma en que una placa se mueve en relación con la otra determina el tipo de frontera o borde: de separación, donde dos placas se alejan una de la otra; de subducción, donde dos placas se mueven convergentemente y una se está deslizando bajo la otra; y de transformación, donde dos placas se deslizan horizontalmente en direcciones opuestas. Las zonas de subducción se caracterizan por la presencia de profundas fosas oceánicas, y las islas volcánicas o cadenas montañosas volcánicas asociadas con las muchas zonas de subducción alrededor del borde del Pacífico, son a veces denominadas como el Cinturón de Fuego.



SISMOS Y TSUNAMIS

Un sismo puede ser causado por actividad volcánica, pero la mayor parte son producidos por movimientos a lo largo de las zonas de fractura asociadas con los bordes de placas. La mayor parte de los



Tsunami generado por el terremoto del 26 de mayo de 1983 en el Mar de Japón, aproximándose a la Isla Okushiri, Japón. El runup aquí fue de 5,9 m (19 pies), pero se observaron algunos de hasta 14 m (45 pies) en la Prefectura Akita 100 km al este del epicentro. En total, 100 personas perecieron, incluyendo tres en Corea del Sur donde la onda arribó alrededor de 1,5 horas después del terremoto (Informe de la Univ. Tokai)

sismos fuertes, que representan el 80 % de la energía total liberada en el mundo por actividad sísmica, suceden en zonas de subducción donde una placa oceánica se desliza bajo una placa continental o bajo otra placa oceánica más joven.

No todos los sismos generan tsunamis. Para generar un tsunami, la falla donde ocurre el sismo debe estar bajo o cerca del océano, y debe crear un movimiento vertical (de hasta varios metros) del piso oceánico sobre una extensa área (de hasta cien mil kilómetros cuadrados). Los sismos de foco superficial (profundidad menor de 70 km o 42 mi) a lo largo de zonas de subducción son los responsables de la mayor parte de los tsunamis destructores. Son parte del mecanismo de generación de los tsunamis la cantidad de movimiento vertical y horizontal del piso oceánico, el área sobre el cual ocurre y la eficiencia con la que la energía es transferida desde la corteza terrestre al agua oceánica.



SISMO - TSUNAMI

El sismo del 2 de septiembre de 1992 (magnitud 7,2) fue apenas perceptible por los residentes a lo largo de la costa de Nicaragua. Localizado bastante mar afuera, su intensidad, es decir, la severidad de los movimientos en una escala de I a XII, fue en su mayor parte de II a lo largo de la costa, alcanzó III sólo en unos pocos lugares. Veinte a 70 minutos después que ocurrió el sismo, un tsunami atacó la costa de Nicaragua con amplitudes de 4 metros (13 pies) sobre el nivel del mar en la mayor parte de los lugares y una altura máxima de inundación de 10,7 m (35 pies). Las olas cogieron por sorpresa a los residentes costeros y causaron muchas víctimas y un daño considerable a las propiedades.

Este tsunami fue causado por lo denominado un sismo-



El Tránsito, Nicaragua, 2 de Septiembre, 1992. Olas de nueve metros de alto destruyeron la aldea, matando a 16 personas e hiriendo a 151 de esta comunidad costera de 1000 habitantes. Se consideró que la primera ola fue pequeña proporcionando tiempo a la gente para escapar de las destructivas segunda y tercera olas. Más de 40.000 personas fueron afectadas por la pérdida de sus hogares o fuentes de ingresos (Harry Yeh, Univ. De Washington).



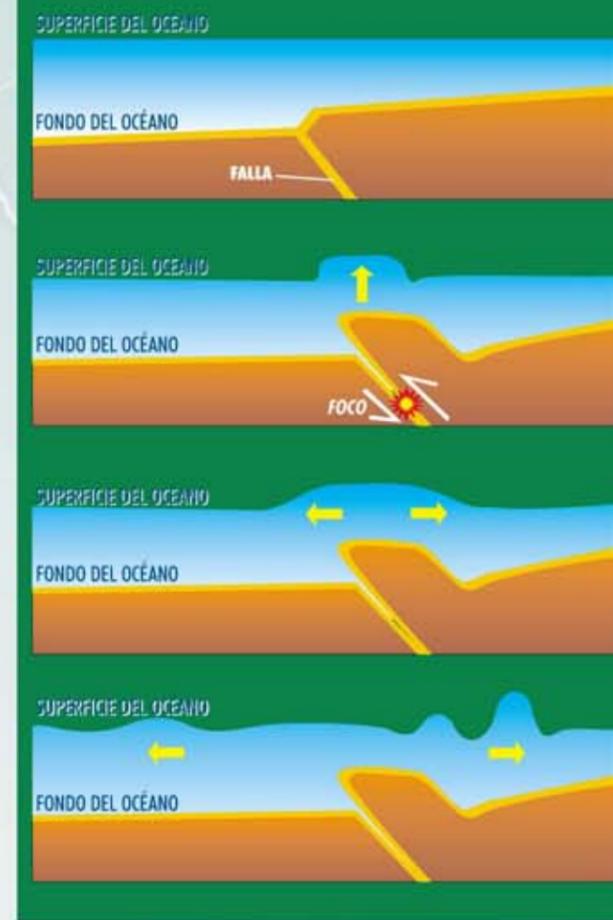
tsunami (sismo que genera un tsunami desusadamente grande en comparación con la magnitud del sismo). Los sismos-tsunami se caracterizan por un foco muy superficial, dislocaciones de falla mayores que varios metros, y superficies de falla más pequeñas que para un sismo normal.

Son también sismos lentos, con un deslizamiento a lo largo de la falla bajo el piso oceánico que ocurre más lentamente de lo que ocurriría en un sismo normal. El único método conocido para reconocer rápidamente un sismo tsunami es la estimación de un parámetro llamado momento sísmico utilizando ondas sísmicas de período muy largo (más de 50 segundos/ciclo). En años recientes, han ocurrido otros dos tsunamis destructores provocados por sismo tsunami en Java, Indonesia (2 de junio de 1994) y Perú (21 de febrero de 1996).

El foco de un sismo es el punto en el interior de la Tierra donde se inicia la ruptura y donde se originan las primeras ondas sísmicas. El epicentro es el punto sobre la superficie de la Tierra directamente sobre el foco.

La magnitud es el logaritmo de la amplitud máxima de alguna de las ondas sísmicas (P, S, ondas superficiales Rayleigh o Love) registradas por el sismómetro; el aumento en una unidad de magnitud corresponde a un factor de aumento de 10 de la amplitud.

TSUNAMI: LA RELACIÓN CON LA FUENTE SÍSMICA



TSUNAMIS EN MOVIMIENTO

TSUNAMIS GLOBALES Y REGIONALES EN EL PACÍFICO

El último gran tsunami, que causó muchas muertes y destrucción a través del Pacífico, fue generado por un terremoto localizado frente a la costa de Chile en 1960. Provocó pérdidas de vida y destrucción no sólo a lo largo de la costa de Chile sino también en Hawaii y hasta en Japón. El gran terremoto de Alaska en 1964 produjo destructoras ondas de tsunami en Alaska, Oregon y California.

En julio de 1993, un tsunami generado en el mar de Japón produjo 120 víctimas en Japón. Hubo daños también en Corea y Rusia pero no en otros países ya que el tsunami estuvo confinado dentro del Mar de Japón. Este tsunami es denominado un "evento regional" ya que su impacto estuvo confinado a un área relativamente pequeña. Para los habitantes ubicados a lo largo de la costa noroeste de Japón, las ondas de tsunami arribaron a los pocos minutos de ocurrido el sismo.

Durante la década de los 90, han ocurrido también tsunamis regionales en Nicaragua, Indonesia, Filipinas, Papúa-Nueva Guinea y Perú, produciendo miles de muertos. Otros causaron daños a la propiedad en Chile y México. También se han registrado daños en el campo lejano en las islas Marquesas (Polinesia Francesa) debido al tsunami chileno del 30 de julio de 1995 y al

peruano del 21 de febrero de 1996.

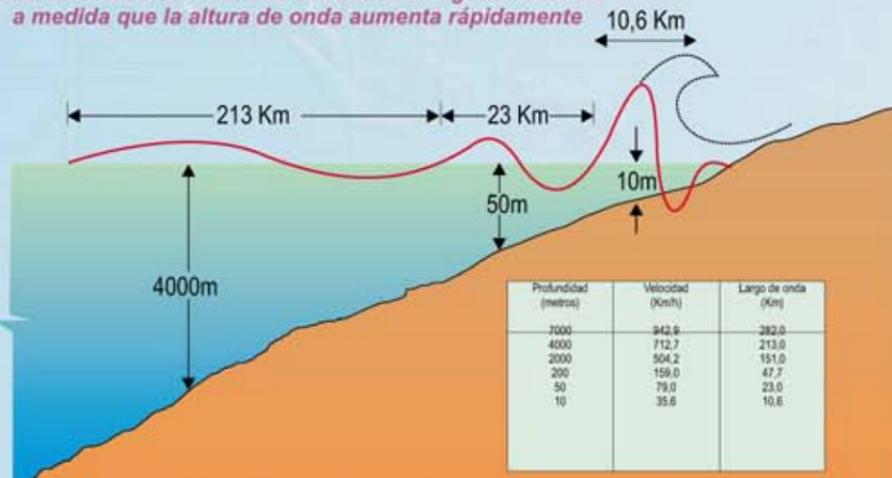
En menos de un día, los tsunamis pueden viajar de un lado a otro del Pacífico. Sin embargo, las personas que viven cerca de las áreas donde ocurren los grandes terremotos se darán cuenta que las ondas de tsunami llegarán a sus costas a los pocos minutos después del sismo. Por estas razones, el riesgo de tsunami para muchas áreas; tales como Alaska, Filipinas, Japón y la costa Oeste de Estados Unidos de América, puede ser inmediato (para tsunamis originados por sismos cercanos que toman unos pocos minutos en llegar a las áreas costeras) o menos urgente (para tsunamis provenientes de sismos lejanos que demoran entre 3 a 22 horas en llegar a las zonas costeras).



Pagaraman, Isla Babi, Indonesia, 12 de diciembre, 1992. El tsunami arrasó con todo dejando solamente arena de playa blanca. Murieron setecientas personas producto del terremoto y subsiguiente tsunami (Harry Yeh, Univ. de Washington).

En el océano profundo, los tsunamis destructores pueden ser pequeños a menudo de sólo pocas decenas de centímetros o menos altura y no pueden ser vistos ni apreciados por embarcaciones en el mar. Pero, a medida que el tsunami alcanza aguas costeras menos profundas, la altura de las ondas puede aumentar rápidamente. A veces, se produce un retiro de las aguas justo antes que el tsunami ataque. Cuando esto ocurre, puede quedar expuesto mucho más terreno de playa que incluso durante la marea más baja. Este retiro importante del mar debe ser considerado como una alerta de las ondas de tsunami que vendrán.

La Velocidad del Tsunami se reduce en aguas someras a medida que la altura de onda aumenta rápidamente

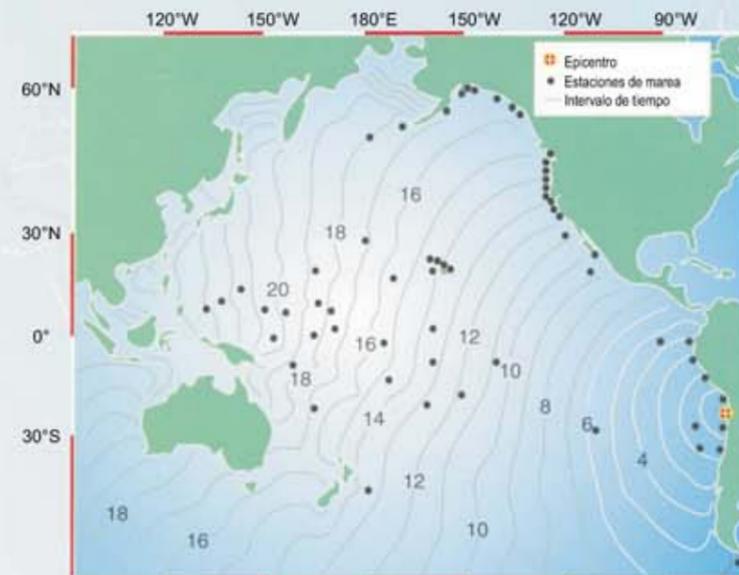


En mar abierto un tsunami es de una altura en la superficie menor que unas pocas decenas de centímetros (1 pie), pero su altura de onda crece rápidamente en aguas someras. La energía de las ondas de tsunami se extiende desde la superficie hasta el fondo del mar, incluso en aguas muy profundas. A medida que el tsunami se acerca a la línea costera, la energía de las ondas es comprimida en una distancia mucho menor y en una profundidad más somera, creando ondas destructoras y peligrosas para la vida.



¿CON QUÉ RAPIDEZ?

En aquellos lugares donde el océano tiene profundidades de más de 6.000 m, las imperceptibles ondas de tsunami pueden viajar a la velocidad de un avión jet comercial, sobre 800 km por hora (iç 500 mi por hora). Ellas se pueden trasladar de un lado a otro del Océano Pacífico en menos de un día. Esta gran velocidad hace que sea importante el percatarse del tsunami tan pronto se haya generado. Los científicos pueden predecir cuando llegará un tsunami mediante el conocimiento de las características de la fuente del sismo y las



Tiempos de viaje de un tsunami calculados para un sismo que ocurra frente a las costas de Chile. Cada curva concéntrica representa una hora de tiempo de viaje del tsunami.

características del piso oceánico a lo largo de las trayectorias hacia aquellos lugares. Los tsunamis viajan mucho más lento en aguas costeras someras donde su altura de onda puede aumentar drásticamente.

Durante las exploraciones de terreno posteriores a un tsunami, se miden la inundación y el runup para describir los efectos del tsunami. La inundación se define como la distancia horizontal máxima hasta donde el tsunami penetra tierra adentro. El runup es la altura vertical máxima que alcanza la superficie del mar durante un tsunami, sobre el nivel medio del mar. Las alturas reales de las ondas de tsunami pueden medirse a partir de la amplitud de las señales de onda vistas en instrumentos del nivel del mar o mareógrafos.



¿DE QUÉ TAMAÑO?

La topografía submarina mar afuera y en las zonas costeras puede determinar el tamaño e impacto de las ondas de tsunami. Los arrecifes, bahías, desembocaduras de ríos, los rasgos sumergidos y la pendiente de la playa contribuyen a modificar el tsunami a medida que se aproxima a la línea de costa. Cuando el tsunami alcanza la costa y se desplaza tierra adentro, el nivel del agua puede elevarse muchos metros. En casos extremos, el nivel del mar se ha elevado a más de 15 m (50 pies) para tsunamis de origen lejano y sobre 30 m (100 pies) para tsunamis detectados cerca del epicentro del sismo. Puede que la primera onda de tsunami no sea la más grande de la serie de ondas que lleguen. Una comunidad costera puede que no vea ninguna actividad destructora de las ondas de tsunami, mientras que en otra las ondas destructivas pueden ser grandes y violentas. La inundación se puede extender 300 m (? 1000 pies) tierra adentro, cubriendo extensas zonas con agua y escombros.

¿CON QUÉ FRECUENCIA?

Ya que los científicos no pueden predecir cuando ocurrirá un sismo, no pueden establecer exactamente cuando se generará un tsunami. Sin embargo, examinando tsunamis históricos, los científicos saben donde se generarán tsunamis con mayor probabilidad. Las medidas de alturas de tsunamis pasados son útiles para predecir el impacto futuro y los límites de inundación, en comunidades y ubicaciones costeras específicas. La investigación sobre tsunamis históricos puede ser de gran ayuda para analizar la frecuencia de ocurrencia de ellos. Durante cada uno de los 5 últimos siglos, hubo tres a cuatro tsunamis generalizados en el Pacífico, la mayor parte de los cuales se generaron en las costas chilenas.



Bahía Noshiro, Japón. Terremoto en el Mar de Japón el 26 de mayo, 1983. El tsunami después de penetrar el cauce de un canal, generó un tren continuo de ondas de período corto (Informe de la Univ. Tokai).



Kodiak, Alaska. El tsunami del 27 de marzo de 1964 provocó 21 muertos y daños por US\$ 30 millones en y cerca de la ciudad de Kodiak.

CÓMO SALVAMOS VIDAS

CENTROS DE ALERTA DE TSUNAMI

El Centro de Alerta de Tsunami del Pacífico Richard H. Hagemeyer (PTWC), sirve como el centro internacional de alerta para los tsunamis que presentan un riesgo para todo el Pacífico. Es además el centro regional para Hawaii, y el centro nacional de alerta para los EE.UU. Este esfuerzo internacional de alerta se formalizó en 1965 cuando el PTWC asumió la responsabilidad como centro de operaciones para el Sistema de Alerta de Tsunami del Pacífico (PTWS). El GIC/ITSU, un cuerpo subsidiario de la COI está conformado por 25 Estados Miembros de la comunidad internacional, supervigila las operaciones del TWSP y facilita la coordinación y cooperación en todas las demás actividades internacionales de mitigación de tsunamis.

El objetivo inicial del PTWC es detectar, localizar y determinar los parámetros sísmicos de los sismos potencialmente tsunamigénicos que ocurran en la Cuenca del Pacífico o sus márgenes inmediatos. Para llevar a cabo este propósito, recibe en forma continua datos sismográficos desde más de 150 estaciones alrededor del Pacífico a través de intercambios de cooperación con el Servicio Geológico de los E.E.U.U. de América, Instituciones de Investigación en Sismología, la Instalación Internacional de Acelerómetros, GEOSCOPE, EL Centro de Alerta de Tsunami de Alaska/Costa Oeste de E.E.U.U de América (WC/ATWC), y otras agencias internacionales que manejan estaciones y redes sismográficas.

Si la ubicación, la profundidad y al magnitud de un sismo poseen los criterios conocidos para la generación de un tsunami, se emite una alarma de tsunami para alertar de un inminente riesgo de tsunami. Las alarmas iniciales se aplican sólo a aquellas áreas donde el tsunami podría llegar en unas pocas horas, y los boletines incluyen la predicción del tiempo de llegada del tsunami a comunidades costeras seleccionadas dentro de aquellas áreas. Las comunidades ubicadas fuera de aquellas áreas son puestas en estado ya sea de

alerta o de información.

Los científicos del centro de alerta revisan entonces los datos de nivel del mar que llegan con el objeto de determinar si ha ocurrido un tsunami. Si un tsunami significativo es detectado por los instrumentos que monitorean el nivel del mar, la alarma de tsunami es extendida a toda la Cuenca del Pacífico. El PTWC recibe datos de nivel del mar de más de 100 estaciones a través de intercambios cooperativos de datos con el Servicio Nacional del Océano de Estados Unidos de América, con el WC/ATWC, con el Centro de Nivel del Mar de la Universidad de Hawaii, con Chile, Australia, Japón, Rusia y otras fuentes internacionales. Las alertas, alarmas y los boletines informativos son difundidos a las autoridades apropiadas de emergencia y al público en general a través de una variedad de métodos de comunicación.

Además, los países en forma individual pueden operar Centros de Alerta Nacionales o Regionales para proporcionar información de alerta en situaciones de amenaza de tsunami local o regional. La Agencia Meteorológica de Japón proporciona alertas a Japón y adicionalmente a Corea y Rusia para aquellos eventos que ocurren en el Mar de Japón o Mar del Este. El Centro Polinesio de Prevención de Tsunamis proporciona alertas en la Polinesia Francesa, y Chile (Sistema Nacional de Alerta de Maremotos) y Rusia (Servicio Hidrometeorológico Ruso) operan sistemas nacionales de alerta.

En los Estados Unidos de América, el WC/ATWC proporciona alerta de tsunami a la costa oeste del país y a Canadá, y el PTWC proporciona alertas de tsunami a Hawaii y a otros intereses americanos en el Pacífico. Otros países, incluyendo a Australia, Colombia, Nicaragua, Perú y Corea están también desarrollando capacidades de alerta.

Información acerca de la COI

La Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) es una entidad con autonomía funcional dentro de la UNESCO, establecida para promover las investigaciones científicas marinas y las relacionadas con los servicios oceánicos con una visión para enseñar más acerca de la naturaleza y los recursos del océano a través de acciones concertadas de sus miembros.

En términos generales, las funciones de la COI, entre otras, son: desarrollar, recomendar y coordinar programas internacionales para la investigación científica de los océanos y los servicios oceánicos relacionados; promover y hacer recomendaciones para el intercambio de datos oceanográficos y la publicación y difusión de los resultados de la investigación científica de los océanos; promover y coordinar el desarrollo y transferencia de la ciencia del mar y su tecnología; hacer recomendaciones para reforzar la educación y el entrenamiento y para promover la investigación científica de los océanos y la aplicación a partir de ello de los resultados para el beneficio de toda la humanidad. Son parte de la COI 129 Estados Miembros. La Asamblea se reúne cada dos años en la oficina central de UNESCO en París, Francia.

La COI consiste de una Asamblea, un Consejo Ejecutivo, un Secretariado y tantos cuerpos subsidiarios como pueda establecer. Bajo este último concepto, la Comisión crea, para el examen y ejecución de proyectos específicos, diversos comités o cuerpos subsidiarios compuestos de Estados Miembros interesados en tales proyectos. Tal es el caso del Grupo Internacional de Coordinación para el Sistema de Alerta de Tsunami en el Pacífico (GIC/ITSU).

El Centro Internacional de Información de Tsunami (ITIC)

El Centro Internacional de Información de Tsunami (ITIC), apoyado en parte por la Comisión Oceanográfica Intergubernamental, monitorea y evalúa el comportamiento y eficacia del Sistema de Alerta de Tsunami del Pacífico. Este esfuerzo promueve una recolección efectiva de datos, análisis de los datos, la determinación del impacto de tsunami, la diseminación de alertas a todos los participantes del Sistema de Alerta de Tsunami, y asegura los esfuerzos continuos en el entrenamiento y la educación sobre los tsunamis, en parte a través del Tsunami Newsletter, del Programa de Expertos en Visita, y del Portal Web sobre Información de Tsunami del ITSU/ITIC. El ITIC también proporciona asistencia técnica para apoyar el desarrollo y perfeccionamiento a los sistemas nacionales de alarma de tsunami.

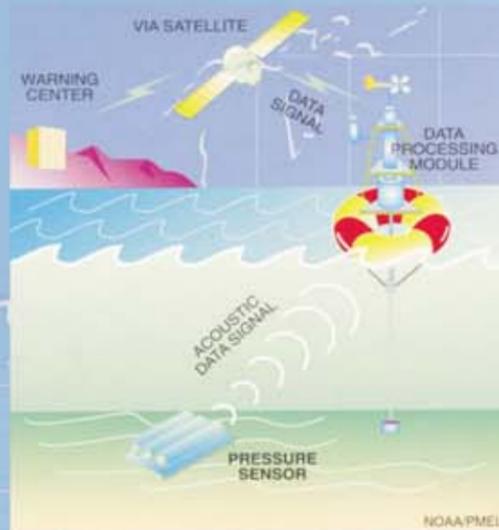


La Ola. Pintura de Lucas Rawah de Aitape, hecha para conmemorar el evento de Papúa Nueva Guinea del 17 de julio de 1998. Se piensa que un sismo de magnitud 7,1 provocó un derrumbe submarino generando un tsunami que destruyó aldeas completas a lo largo de la costa de Aitape.

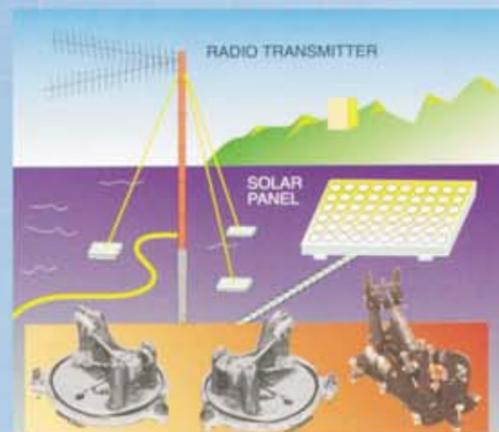


MIRANDO

SISTEMA DE DETECCIÓN DE TSUNAMI EN AGUA PROFUNDA (PROYECTO DART).



ESTACIÓN SISMOLÓGICA AUTÓNOMA CON TRES COMPONENTES DE BANDA ANCHA.



1 de abril, 1946. La gente huye del ataque del tsunami al centro de Hilo, Hawai (Archivos del Museo Bishop)

Difusión de Alarmas

- Las alarmas, alertas, y boletines informativos diseminados por el PTWC y otros Centros Regionales son difundidos a los usuarios locales, estatales, nacionales e internacionales, así como también a los medios de comunicación. Estos usuarios, normalmente autoridades de gobierno, a su vez diseminan la información de tsunami al público, generalmente a través de la radio y los canales de televisión.
- La transmisión directa de la información de tsunami, es proporcionada en forma urgente al público, con la ayuda de las modernas

instalaciones de comunicación.

- Las autoridades locales y los encargados de emergencia son responsables de formular y ejecutar planes de evacuación para aquellas áreas bajo una alarma de tsunami. El público debería mantenerse a la escucha de los medios de comunicación locales para recibir las instrucciones de evacuación en caso se declare una alarma de tsunami. Y el público NO DEBE RETORNAR a las áreas costeras bajas hasta que el peligro de tsunami haya cesado y se haya anunciado esto por las autoridades locales.



EL MONSTRUO A LOS OJOS

Actividades de Investigación de Tsunami

Con la amplia disponibilidad de computadores poderosos de bajo costo y de estaciones de trabajo de escritorio, existe un creciente interés y actividad en la investigación del tema tsunami. Utilizando lo más avanzado en la tecnología de computadores, los científicos son capaces de modelar numéricamente la generación de tsunamis, la propagación en mar abierto y la inundación costera.

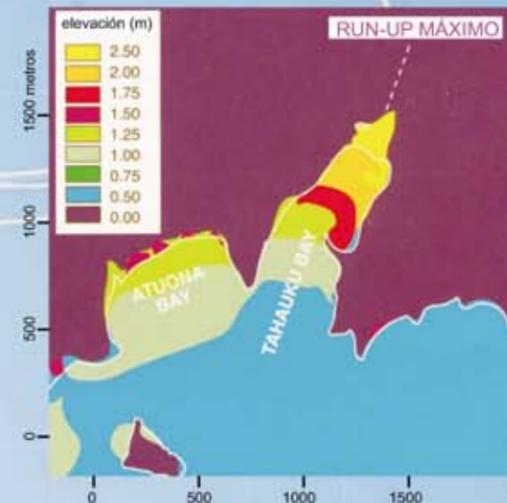
Sensores de presión bajo la superficie, capaces de medir tsunamis en mar abierto, están proporcionando datos importantes sobre la propagación de tsunamis en aguas profundas, y las comunicaciones vía satélite han permitido que estos datos sean utilizados en tiempo real para detectar y confirmar la generación de un tsunami en aguas profundas. El Laboratorio Marino Ambiental del Pacífico de la NOAA ha encabezado el desarrollo de estas boyas de detección de tsunamis, y desde fines del 2002, siete boyas DART se encuentran en operación en el Pacífico norte y oriental, encontrándose disponibles para su utilización por los centros de alerta de tsunamis. El reciente desarrollo de mejores equipos y de mejores métodos de modelación está colaborando a que los científicos comprendan mejor el mecanismo de generación de tsunamis.

Los sismólogos, estudiando la dinámica de los sismos con sismómetros de banda ancha (20 a 0,003 Hertz), están formulando nuevos métodos para analizar el movimiento de los sismos y la cantidad de energía liberada. En aquellos sismos donde la magnitud

tradicional Richter (ondas superficiales) no es exacta sobre 7,5, se utiliza la magnitud de momento y la duración de la fuente para definir mejor la cantidad de energía liberada y el potencial de generación de tsunami. La determinación en tiempo real de la profundidad del sismo, del tipo de falla, y de la extensión del deslizamiento mejorarán en forma significativa la habilidad de los centros de alerta para identificar la probabilidad de ocurrencia de un tsunami amenazador.

La generación de un tsunami se inicia por una deformación tridimensional del piso oceánico debido al movimiento de la falla. Mejores caracterizaciones del mecanismo de falla de los sismos producirán modelos numéricos de propagación, de ascenso de las aguas y de la inundación más realistas. Generalmente los modelos numéricos de propagación utilizan un método de diferencias finitas implícitas en el tiempo.

Los modelos de inundación por tsunami, que definen la extensión de la inundación costera, son un aspecto integral de la planificación del riesgo de tsunami y de la preparación para enfrentarlos. Utilizando escenarios de inundación del caso peor, estos modelos son críticos para definir las zonas de evacuación y sus rutas de escape, de tal manera que las comunidades costeras puedan ser evacuadas rápidamente cuando se difunda una alarma de tsunami.



30 de julio de 1995 Tsunami Chileno. Resultados del modelo, mostrando la inundación máxima y la inundación relativa a la costa y al nivel normal del mar (línea blanca) en Bahía Tahauku, Hiva Hoa, en Islas Marquesas, Polinesia Francesa. Dos pequeñas embarcaciones se hundieron en la Bahía Tahauku como resultado de este evento.

Derecha Abajo: Modelo del tsunami en el Pacífico sureste, 9 horas después de su generación.



El momento sísmico M_0 está relacionado mediante:
 $M_0 = \mu S D$ donde μ es la rigidez, S el área de la falla y D la dislocación media



LOS HECHOS

- Los tsunamis que impactan sobre lugares costeros en la Cuenca del Pacífico son casi siempre causados por sismos. Estos sismos pueden ocurrir lejos o cerca del lugar donde Ud. vive.
- Algunos tsunamis pueden ser muy grandes. En las zonas costeras su altura puede ser tan grande como 10 o más metros (30 metros en caso extremos), y se pueden desplazar tierra adentro varios cientos de metros.
- Todas las zonas costeras bajas pueden ser impactadas por tsunamis.
- Un tsunami consiste de una serie de ondas con crestas que llegan cada 10 a 60 minutos. A menudo la primera onda no es la más grande. El peligro de un tsunami puede durar varias horas después de la llegada de la primera onda. Las ondas de tsunami típicamente no se encrespan y rompen como las olas de viento, así que no trate de hacer surfing en un tsunami.
- Los tsunamis se pueden desplazar más rápido de lo que puede correr una persona.
- A veces un tsunami inicialmente provoca un retiro de las aguas costeras, exponiendo el piso oceánico.
- La fuerza de algunos tsunamis es enorme. Grandes rocas que pesan varias toneladas junto con embarcaciones y otros escombros pueden ser desplazados tierra adentro cientos de metros por la actividad de las ondas de tsunami y se destruyen los hogares y otras construcciones. Todo este material y el agua se mueven con gran fuerza y pueden matar o herir a las personas.
- Los tsunamis pueden ocurrir en cualquier momento, de día o de noche.
- Los tsunamis pueden desplazarse aguas arriba por los ríos y riachuelos que conduzcan al mar.
- Un tsunami puede fácilmente rodear una isla y ser igual de peligroso sobre las costas que no enfrentan la zona origen del tsunami.

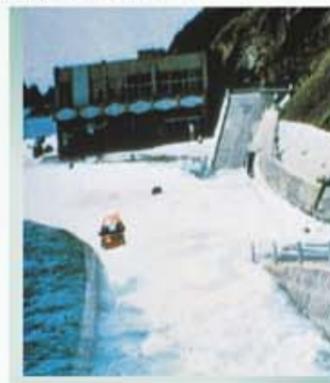
QUÉ DEBERÍA HACER UD.

Compenétrese de los hechos sobre tsunamis. ¡Este conocimiento puede salvar su vida! Comparta este conocimiento con su familia y amigos. ¡Puede salvar sus vidas!

- Si Ud. está en la escuela y escucha que hay una alarma de tsunami, debería seguir las instrucciones de sus profesores y del personal de la escuela.
- Si Ud. está en el hogar y escucha que hay una alarma de tsunami, debería asegurarse que toda su familia se entere de la misma. Su familia debería evacuar su casa si vive en la zona de evacuación de tsunami. Desplácese en forma ordenada y calmada a la zona de evacuación o a cualquier lugar seguro fuera de su zona de evacuación. Siga el consejo de las autoridades locales de emergencia.
- Si Ud. se encuentra en la playa o cerca del océano y siente un sismo fuerte, muévase de inmediato a tierras más altas. NO ESPERE que se anuncie una alarma de tsunami. Manténgase alejado de los ríos y riachuelos que lleguen al mar de la misma forma que debería mantenerse alejado de la playa y del mar si hay un tsunami. Un tsunami regional producto de un sismo local puede impactar algunas zonas antes de que se anuncie una alarma de tsunami.
- Los tsunamis generados en ubicaciones lejanas le darán generalmente a la gente un tiempo suficiente para que se desplacen a terrenos altos. Para los tsunamis de generación local, donde puede que sienta el sismo, puede que disponga sólo de unos pocos minutos para desplazarse a

zonas altas.

- En muchas zonas costeras se ubican altos edificios de hoteles de concreto armado. Los pisos superiores de estos hoteles pueden proporcionar un lugar seguro para encontrar refugio si hay una alarma de tsunami y no pueda desplazarse rápidamente tierra adentro a zonas más altas. Puede que los procedimientos de la Defensa Civil local no permitan este tipo de evacuación en su área. Los hogares y edificios bajos localizados en las áreas costeras bajas, no están diseñados para soportar el impacto de un tsunami. No permanezca en este tipo de estructuras si hubiera una alarma de tsunami.
- Los arrecifes y zonas someras pueden ayudar a disminuir la fuerza de las ondas de tsunami, pero las grandes y peligrosas ondas pueden aún ser un peligro para los residentes costeros de estas áreas. Mantenerse alejado de todas las zonas costeras bajas es el mejor consejo cuando hay una alarma de tsunami.



Acuario de Oga, Akita, Japón. El estacionamiento del acuario está inundado arrastrando un automóvil durante el tsunami del 26 de mayo de 1983 en el Mar de Japón (Takaaki Uda, Public Works Research Institute, Japón)



Aonae, Isla Okushiri, Japón. Destrucción total de casas y otras construcciones resultantes del tsunami del 12 de julio de 1993, en el mar de Japón. Numerosos incendios se produjeron después del tsunami agregándose a la miseria y pérdidas materiales. Se produjeron sobre 120 víctimas del tsunami en Japón.

SI UD. ESTÁ EN UN BOTE O EMBARCACIÓN.

Considerando que la actividad de ondas de tsunami es imperceptible en mar abierto, no vuelva a puerto si está en el mar y se ha difundido una alarma de tsunami para esa área. Los tsunamis pueden provocar rápidos cambios en el nivel del mar e impredecibles corrientes peligrosas en puertos y bahías.

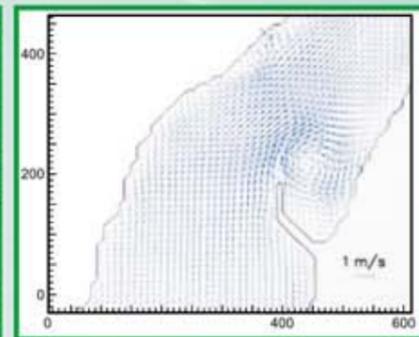
Si hay tiempo para desplazar su embarcación o bote desde el puerto a aguas profundas (después que supo de la alarma de tsunami), debería tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

La mayor parte de las bahías y puertos se encuentran bajo el control de la autoridad marítima y/o de un sistema de tráfico marítimo. Estas autoridades dirigen las operaciones durante los períodos de rápida reacción (si se espera un tsunami), incluyendo el desplazamiento forzado de embarcaciones si se estima necesario. Manténgase en contacto con las autoridades si se dirige un movimiento forzado de embarcaciones.

Puede que los puertos más pequeños o caletas

no estén bajo control de una autoridad marítima. Si sabe que hay una alarma de tsunami y tiene tiempo de desplazar su embarcación a aguas profundas, hágalo de forma ordenada en consideración a las otras embarcaciones. Los propietarios de botes pequeños pueden determinar que es más seguro abandonar su bote en el muelle y moverse físicamente a tierras altas, particularmente en el evento de un tsunami de generación local. Las condiciones concurrentes de mal tiempo (marejadas fuera de la bahía) pueden presentar una situación más peligrosa a las embarcaciones pequeñas, de tal forma que su única opción pueda ser que se desplace a tierras más altas.

La actividad peligrosa de olas y de corrientes impredecibles puede afectar a los puertos por un largo período después del impacto inicial del tsunami en la costa: Contáctese con las autoridades portuarias antes de volver a puerto asegurándose de verificar que las condiciones en él son seguras para la navegación y el fondeo.



1995 Tsunami Chileno. Izquierda: Una observación de los efectos del tsunami detrás del rompeolas en la bahía Tahauku en las islas Marquesas, Polinesia Francesa, varios miles de kilómetros desde el origen del tsunami. Derecha: Corrientes en la bahía de Tahauku basados en modelación numérica del tsunami chileno. El modelo reproduce las mismas clases de corrientes oceánicas que se ven en la foto.

QUÉ DEBERÍA HACER USTED

EL CONOCIMIENTO ES SEGURIDAD

Marina de Ala Wai, Honolulu, Hawaii. Retirada del mar causada por un tsunami generado por el sismo del 4 de noviembre de 1952, en Kamchatka, Rusia. Los espectadores en esta foto están innecesariamente arriesgando sus vidas y deberían desplazarse a tierras altas (ITIC).



Aunque peligrosos, los tsunamis no ocurren muy a menudo. No debería permitir que este riesgo natural disminuya el disfrutar de la playa y del océano. Pero, si usted piensa que un tsunami está aproximándose, si ocurre un sismo fuerte en el lugar en que se encuentra o escucha que hay una alarma de tsunami, dígaselo a sus parientes y amigos y diríjase rápidamente a terrenos más altos.

¡Vaya rápido a terrenos altos!



Playa Norte de Oahu, Hawaii. Durante el tsunami generado por el terremoto del 9 de marzo de 1957 en Islas Aleutianas, la gente en forma irresponsable busca peces en los arrecifes expuestos, sin darse cuenta que las ondas de tsunami retornarían en minutos para inundar la zona costera (Honolulu Star Bulletin)

AGRADECIMIENTOS

LA PREPARACIÓN DE ESTA PUBLICACIÓN FUE APOYADA POR:

- Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile.
- Departamento de Comercio, Administración Nacional del Océano y la Atmósfera, Servicio Meteorológico Nacional de EE.UU.
- UNESCO, Comisión Oceanográfica Intergubernamental
- Centro Internacional de Información de Tsunami.
- Laboratorio de Geofísica de Francia.

GUIA TECNICA PROPORCIONADA POR:

- Centro Internacional de Información de Tsunami.
- Laboratorio de Geofísica de Francia.
- Servicio Meteorológico Nacional de EE.UU.
Centro de Alarma de Tsunami del Pacífico Richard H. Hagemeyer, <http://prh.noaa.gov/ptwc/>
Centro de Alarma de Tsunami de la Costa Oeste/Alaska, <http://wcatwc.arh.noaa.gov>
- Servicio Nacional del Océano de E.E.U.U., <http://www.nos.noaa.gov>
- Centro Nacional de Datos Geofísicos de EE.UU., <http://www.ngdc.noaa.gov>
- Laboratorio del Ambiente Marino del Pacífico de EE.UU., <http://www.pmel.noaa.gov/pmel>
- Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA), <http://www.shoa.cl>
- Escuela del Océano y Ciencias de la Tierras y Tecnología de la Universidad de Hawaii, <http://www.soest.hawaii.edu>

MAYOR INFORMACIÓN SOBRE EL SISTEMA DE ALARMA DE TSUNAMI EN EL PACÍFICO, GIC/ITSU, ITIC Y TSUNAMIS PUEDE OBTENERSE DE:

Centro Internacional de Información de Tsunami
737 Bishop st., Suite 2200, Honolulu, HI 96813 USA
Tel: 808-532-6422, fax: 808-532-5576
EMAIL: itic.tsunami@noaa.gov
<http://www.prh.noaa.gov/itic/>

UNESCO, Comisión Oceanográfica Intergubernamental
1 rue Miollis
75732 Paris Cedex 15
France
EMAIL: p.pissierssens@unesco.org
<http://ioc.unesco.org/itsu>

Ilustraciones y Diagramación por Joe Hunt Design, Honolulu, Hawaii, e ITIC
Edición en español por Leopoldo Toro, Diseñador, SHOA.
Imágenes de fondo y logo de la ola cortesía de Aqualog, Francia
Revisado y Reimpreso, Agosto, 2003



СИМАНУСТ

СИМАНУСТ

A stylized graphic of a globe with a blue and white wave pattern, set against a light blue background with a faint grid and lightning bolts. The globe is positioned behind the main title text.